

東北日本島弧-海溝系の不均質粘弾性モデルの構築 Development of heterogeneous rheological model of the Tohoku Island arc-trench system

武藤 潤^{1*}; 芝崎 文一郎²

MUTO, Jun^{1*}; SHIBAZAKI, Bunichiro²

¹ 東北大学大学院理学研究科地学専攻, ² 建築研究所国際地震工学センター

¹Dept. Earth Sci., Tohoku Univ., ²Building Res. Inst.

Subduction zone earthquake cycles can be characterized by various deformation processes taking place around the plate boundary and surrounding area. For example, after slip, viscoelastic relaxation and locking of the plate boundary are three primary processes among them. In order to illuminate the recovery of plate coupling after the Mw 9.0 Tohoku-Oki earthquake and strain budgets of island arc during cycles, the detailed viscoelastic structure of the Tohoku region is developed using seismologically determined subsurface structures and densely measured geothermal gradient data. The model is oriented perpendicular to the Japan Trench and also transects an area of large coseismic slip of the 2011 Tohoku Oki earthquake. Petrological model proposed by the laboratory measurement of seismic velocity of various rocks [Nishimoto et al., 2005] was utilized to infer rheologically major minerals from seismic velocity structures. We used geothermal gradient data from the inland Hi-net borehole [Matsumoto, 2007], as well as geothermal gradient data compiled from around Japan [Tanaka et al., 2004]. The strain-rate-dependent, steady state effective viscosity was calculated using constitutive laws of various rocks under the assumption of homogeneous geologic shortening rate [Sato, 1989]. The calculated viscosity structures show lateral viscosity gradients both parallel and normal to the trench axis. Moreover, the minimum viscosities are predicted to be 10^{19} Pa s in the mantle wedge and 10^{20} Pa s in the oceanic mantle. The values are consistent with previous estimates obtained by postseismic deformation analysis of subduction zone earthquakes with similar magnitudes (Mw ~9). However those minimum values only appear in depths of 30-100 km in the upper mantle and the viscosity increases further with depths because of the pressure hardening effect. Taking the high values of viscosities in shallower part of the lithosphere, the thickness of high viscous layers found to have lateral variations implying the heterogeneous elastic layer thickness. Model viscosity structures of the Tohoku region utilizing realistic temperature and rheological properties of rocks can be used to evaluate the effect of rheological heterogeneity in the postseismic deformation field of the Tohoku-Oki earthquake observed by dense network of geodetic observations. In the presentation, we will mention the detailed information on the choice of the flaw law parameters, and physical and ambient conditions for NE Japan to calculate the viscosity structures. We also show how these heterogeneities affect the crustal deformation of the NE Japan during subduction zone earthquake cycles.

キーワード: 岩石レオロジー, 東北日本弧, 粘弾性緩和, 地震サイクル, 東北沖地震

Keywords: rheology, Tohoku, viscoelastic relaxation, earthquake cycle, Tohoku oki earthquake

北海道下の3次元減衰構造：島弧－島弧衝突とM7クラス内陸大地震（その3） Detailed seismic attenuation structures beneath the Hokkaido corner, northern Japan (3)

北佐枝子^{1*}; 中島淳一²; 長谷川昭²; 内田直希²; 岡田知己²; 勝俣啓³; 浅野陽一¹; 木村武志¹
KITA, Saeko^{1*}; NAKAJIMA, Junichi²; HASEGAWA, Akira²; UCHIDA, Naoki²; OKADA, Tomomi²; KATSUMATA, Kei³
; ASANO, Youichi¹; KIMURA, Takeshi¹

¹ 防災科学技術研究所, ² 東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター, ³ 北海道大学大学院理学研究
院附属地震火山研究観測センター

¹NIED, ²RCPEV, Graduate School of Science, Tohoku University, ³ISV, Hokkaido University

1. Introduction

In the Hokkaido corner, the Kuril fore-arc sliver collides with the northeastern Japan arc. Using travel-time data compiled from the nationwide Kiban seismic network and a dense temporary seismic network [Katsumata et al, 2002], Kita et al. [2012] determined high-resolution 3D seismic velocity structure beneath this area for deeper understanding of the collision process of the two fore-arcs. In this study, we merged waveform data from the Kiban-network and from the temporary network, and estimated the seismic attenuation structure to understand seismotectonics and collision process beneath Hokkaido.

2. Data and method

We estimated corner frequency for each earthquake by the spectral ratio method of coda waves [e.g. Mayeda et al., 2007]. Then, we simultaneously determined values of t^* and the amplitude level at low frequencies from the observed spectra after correcting for the source spectrum. Seismic attenuation (Q^{-1} value) structure was obtained, inverting t^* values and employing the 3-D ray-tracing technique of Zhao et al. [1992]. The study region covers an area of 41-45N, 140.5-146E, and a depth range of 0-300 km. We obtained 154,293 t^* at 316 stations from 6,196 events ($M_j > 2.0$) that occurred during the period from Aug. 1999 to Dec. 2012. Horizontal and vertical grid nodes were set with spacing of 0.1-0.3 degrees and 10-30 km, respectively.

3. Results

The calculated stress drops are distributed from 0.1 to 100 MPa. Stress drops of intraslab earthquakes increase with focal depth. The values of stress drops of events in the slab mantle tend to be larger than those in the slab crust at depths of 80 to 170 km, which might contribute to understanding of the physical nature of intraslab earthquakes.

Seismic attenuation structure is imaged for the region above the subducting Pacific slab at depths down to ~80 km. For the forearc side of the eastern and western parts of Hokkaido, high- Q_p zones are generally imaged at depths of 10 to 80 km in both the crust and mantle wedge above the Pacific slab. In contrast, low- Q_p zones are clearly imaged in the mantle wedge of the backarc side. They are distributed in deeper parts and reach the Moho beneath the volcanic front. Locations of these low- Q_p zones correspond to the low- V_p and low- V_s zones imaged by Zhao et al. [2012]. These suggest that the upper head of the mantle-wedge upwelling flow is detected beneath Hokkaido also by our seismic attenuation imaging.

In the Hokkaido corner, to the west of the Hidaka main thrust a broad low- Q_p zone is imaged at depths of 0-60 km. Location of this broad low- Q_p zone almost corresponds to that of the low- V zone in the collision zone found by Kita et al. [2012]. Fault planes of the 1970 M6.7 and 1982 M7.1 earthquakes are located at the edges of a broad low- Q_p zone, being in contact with a high- Q_p zone at 10 to 35 km. These results suggest that the occurrence of these anomalously deep and large inland earthquakes is related to the presence of hydrous minerals or fluids.

The subducting oceanic crust beneath the Hidaka region is imaged as a low- Q zone whose location corresponds to the low- V_p and low- V_s zone of Kita et al. [2012], suggesting the existence of hydrated materials at the top of the slab. Just above the slab surface, moderately low- Q zones are imaged at depths of 90 to 100 km beneath eastern and southern Hokkaido and at depths of 110 to 130 km beneath the corner, which are located at depths deeper than the upper plane seismic belt. These observations suggest the existence of the hydrated mantle wedge by the aqueous fluids supplied from the oceanic crust right below.

キーワード: 地震波減衰構造, 地震テクトニクス, 島弧衝突過程, スラブ内地震の応力降下量

Keywords: Seismic attenuation structure, Seismotectonics, arc-arc collision process, Stress drops of intraslab earthquakes

中越地域の地殻変動に基づく歪み集中機構の考察 Crustal deformation in the Mid-Niigata area and its implication for strain concentration

鷺谷 威^{1*}; Meneses Angela¹
SAGIYA, Takeshi^{1*}; MENESES, Angela¹

¹ 名古屋大学

¹Nagoya University

The Mid-Niigata area is located within the concentrated strain belt along the eastern margin of the Japan Sea. This area suffered from two large earthquakes, the 2004 Chuetsu and the 2007 Chuetsu-oki earthquakes. Based on GPS velocity data calculated from daily coordinate time series of GEONET, we identified significant time dependence of the interseismic crustal deformation patterns before, between, and after these two earthquakes. Modeling results of the deformation pattern changes are summarized as follows. 1) Contraction before 2004 occurred between the source regions of the two earthquakes and it was attributed to aseismic faulting across almost the whole elastic layer, implying that the observed strain was largely inelastic. This interpretation is also supported from a fact that the historical seismic energy release in this area is much smaller than that expected from geodetic strain accumulation. 2) After two earthquakes, aseismic faulting seems to have continued without explicit time decay. The aseismic faulting is estimated close the source fault of the main shocks, implying that postseismic strength recovery did not occur on the main shock fault or a nearby parallel fault was activated to accommodate regional contraction. This is consistent with an idea that the upper crust in this area is segmented to smaller blocks and the mechanical behavior is very sensitive to external stress changes.

キーワード: 歪み集中, 新潟・神戸構造帯, 2004年中越地震, 2007年中越沖地震, 非地震性すべり, 非弾性変形

Keywords: Strain concentration, Niigata-Kobe Tectonic Zone, 2004 Chuetsu earthquake, 2007 Chuetsu-oki earthquake, aseismic faulting, inelastic deformation

プレート境界の摩擦強度が支配する沈み込み帯のテクトニック応力場 Tectonic stress fields in subduction zones governed by frictional strength of plate interfaces

松浦 充宏^{1*}; 野田 朱美²; 寺川 寿子³; 深畑 幸俊⁴

MATSU'URA, Mitsuhiro^{1*}; NODA, Akemi²; TERAKAWA, Toshiko³; FUKAHATA, Yukitoshi⁴

¹ 統計数理研究所, ² 構造計画研究所, ³ 名古屋大学環境学研究科, ⁴ 京都大学防災研究所

¹Institute of Statistical Mathematics, ²Kozo Keikaku Engineering Inc., ³Nagoya University, ⁴Kyoto University

Tectonic crustal motion in plate convergence zones varies from mountain building (e.g., Himalaya) to back-arc spreading (e.g., Mariana) [1, 2, 3]. Such difference in tectonic crustal motion reflects the diversity of tectonic stress fields. So our question is what causes the diversity of tectonic stress fields in plate convergence zones. Recently, from a theoretical study [4], we revealed that the tectonic stress field consists of basically two different sorts of stress fields; one of which is a horizontally compressional stress field due to frictional resistance at plate interfaces, and another is a horizontally tensile stress field due to steady plate subduction. On a geological timescale, the former can be regarded as constant in time, but the latter increases with time. So, if the earth's crust were infinitely strong, tectonic stress fields in plate convergence zones would become tensile in time everywhere. Actually, the earth's crust includes a number of defects with low strength, over which inelastic deformation (brittle fracture and/or plastic flow) occurs so as to release the tectonic stress caused by mechanical interaction at plate interfaces. From these considerations, we may conclude as follows. When the plate interface is very weak in comparison with the earth's crust, a horizontally tensile stress field becomes dominant, which causes back-arc spreading as in the case of Mariana. When the plate interface is very strong, a horizontal compressional stress field becomes dominant, which causes mountain building as in the case of Himalaya. Tectonic stress fields in most subduction zones, where the strength of plate interfaces are comparable to that of the earth's crust, are between these two extreme cases.

References

- [1] Takada, Y. and M. Matsu'ura, 2004. A unified interpretation of vertical movement in Himalaya and horizontal deformation in Tibet on the basis of elastic and viscoelastic dislocation theory, *Tectonophysics*, 383, 105-131.
- [2] Hashimoto, C. and M. Matsu'ura, 2006. 3-D simulation of tectonic loading at convergent plate boundary zones: Internal stress fields in northeast Japan, *Pure Appl. Geophys.*, 163, 1803-1817.
- [3] Hashima, A., Y. Fukahata, and M. Matsu'ura, 2008. 3-D simulation of tectonic evolution of the Mariana arc-back-arc system with a coupled model of plate subduction and back-arc spreading, *Tectonophysics*, 458, 127-136.
- [4] Matsu'ura, M., A. Noda, and T. Terakawa, 2013. Strength of plate interfaces and tectonic stress fields in subduction zones, *Seismological Society of Japan 2013 Annual Meeting*, D22-08, Yokohama.

キーワード: 沈み込み帯, テクトニック応力場, プレート境界, 摩擦強度, 造山運動, 背弧拡大

Keywords: subduction zone, tectonic stress field, plate interface, frictional strength, mountain building, back-arc spreading

GPS 時系列データの逐次インバージョンによるプレート間カップリング変化の推定 Sequential inversion of GPS time series data to estimate spatiotemporal change in inter-plate coupling

野田 朱美^{1*}; 松浦 充宏²

NODA, Akemi^{1*}; MATSU'URA, Mitsuhiro²

¹ 構造計画研究所, ² 統計数理研究所

¹Kozo Keikaku Engineering Inc., ²Institute of Statistical Mathematics

To estimate steady increase rates of slip deficits at plate interfaces, first, we obtain linear trends of the time series of GPS daily coordinate data by removing seasonal variations and coseismic and postseismic changes due to episodic events. Then, we invert the linear trends (surface displacement rates at GPS stations) into steady slip-deficit rate distribution on a plate interface with completely relaxed slip-response functions for an elastic-viscoelastic layered half-space model under gravity (Noda et al., 2013, GJI). Noda et al. (SSJ 2012 Annual Meeting) demonstrated that this method is applicable to GPS time series data in northeast Japan for the interseismic period (March 1997-February 2008) before the 2008 Ibaraki-oki (Mw6.8) and Fukushima-oki (Mw6.9) earthquakes. After these events, the trends of GPS time series data gradually change with time (Suito et al., 2011, EPS), indicating spatiotemporal change in interplate coupling preceding the 2011 Tohoku-oki mega-thrust earthquake.

The change in slip-deficit rate distribution disturbs a steady stress state in the asthenosphere, and so we need to use the viscoelastic transient slip-response functions for the analysis of GPS time series data after the 2008 events (Noda et al., 2013, GJI). An exact treatment of the viscoelastic inverse problem to estimate cyclic slip processes at a plate interface has been given by Fukahata et al. (2004, GJI), but it is not applicable to the present problem because the change in slip-deficit rate distribution is not a cyclic but transient process. So, we propose a simple inversion technique, called sequential inversion of GPS time series data, to estimate spatiotemporal changes in slip-deficit rates at plate interfaces. A similar sequential inversion technique has been used by Lubis et al. (2013, GJI) for the analysis of afterslip distribution following the 2007 southern Sumatra earthquake (Mw8.5) on the assumption that the asthenosphere has been in a steady stress state until the 2007 event.

In the present study, we estimate the spatiotemporal change in interplate coupling by applying the sequential inversion technique to GPS time series data for March 2008-February 2011, and reveal the slip history at the North American-Pacific plate interface off Tohoku during the 14 years before the 2011 Tohoku-oki mega-thrust earthquake.

キーワード: GPS 時系列データ, 逐次インバージョン, 過渡的な粘弾性応答, プレート間カップリング変化, 2011 年東北沖地震

Keywords: GPS time series data, sequential inversion, viscoelastic transient response, change in interplate coupling, the 2011 Tohoku-oki earthquake

中期中新世における TTT 三重会合部の移動と西南日本地殻の急成長 Middle Miocene swift migration of the TTT triple junction and rapid crustal growth in SW Japan

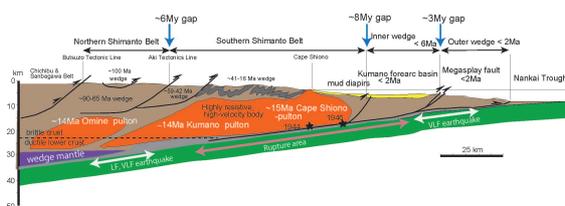
木村 学^{1*}; 橋本 善孝²; 北村 有迅³; 山口 飛鳥⁴; 高下 裕章¹

KIMURA, Gaku^{1*}; HASHIMOTO, Yoshitaka²; KITAMURA, Yujin³; YAMAGUCHI, Asuka⁴; KOGE, Hiroaki¹

¹ 東京大学大学院理学系研究科, ² 高知大学, ³ 鹿児島大学, ⁴ 東京大学大気海洋研究所

¹Dept. Earth and Planetary Science, The University of Tokyo, ²Kochi University, ³Kagoshima University, ⁴Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

We review recent progress in geological and geophysical investigation in SW Japan, the Nankai Trough and the Philippine Sea Plate (PSP), and propose a comprehensive hypothesis for the Miocene tectonics of the Nankai Trough. New interpretations are as follows: Near-trench magmatism in the outer zone of SW Japan might have various reasons. The possibility of an arc-arc collision in particular should be examined, in addition to the previous model of an oceanic ridge and hot PSP subduction. The indentation structure at Capes Ashizuri, Muroto in Shikoku, and Shiono on the Kii Peninsula may be explained by the collision of the active arc or topographic peaks such as seamounts, contrary to the previous "kink-folding" model due to recent E-W compression. This inference is drawn from comparison between the many modern examples of seamount collision and sandbox analogue experiments. Crustal components of SW Japan might consist mainly of igneous plutonic rocks, in contrast to the previous inference of Cretaceous to Tertiary accretionary complexes. This is especially the case in the outer zone to the north of Capes Ashizuri, Muroto and Shiono. This is inferred from geophysical observation of gravity anomalies, velocity and resistivity, together with geological estimations of caldera age and the size of its root pluton. Episodic crustal growth due to intrusion of igneous rock and subduction of the PSP may have stopped after ~11 Ma and restarted at ~7-8 Ma. New accretionary prism was again developed after ~6 Ma. This inference is suggested by recently conducted ocean drilling program.



沈み込み帯における火山列と高重力異常の位置関係 Spatial relationship between the volcanic chain and high gravity anomalies in subduction zones

深畑 幸俊^{1*}
FUKAHATA, Yukitoshi^{1*}

¹ 京都大学防災研究所
¹DPRI, Kyoto University

島弧-海溝系の主要な特徴としては、地震分布、地形、重力異常、火山列の4つがまず挙げられる。地形と重力異常は共に海溝で低く島弧で高くなる。島弧における地形および重力異常の高まりは、海洋プレートの沈み込みに伴う力学的相互作用によって理論的に説明することができる (Sato & Matsu'ura, 1993, GJI; Hashimoto et al., 2004, PAGEOPH)。地形は過去の様々な履歴を引きずるため、理論モデルと比較する観測量としては、地形よりもフリーエア重力異常の方が性質が良い。長波長のフリーエア異常は基本的にテクトニクス力による重力平衡からのずれを表していると考えられる。

火山は、大半の島弧で存在し、通常は火山フロントに沿って列状に並ぶ。従って、フリーエア重力異常と火山列の位置関係に基づいて島弧?海溝系を分類するのは極めて自然なことである。重力異常の高まりと火山列は、共に海溝にほぼ平行に走るため、両者の分布は、一列に一致する場合としない場合とに分類できる筈である。そのような考えに基づいて島弧を分類した結果を以前の連合大会でも発表した (深畑, 2008)、両者の位置関係を論じる上で、十分な客観性が担保されていないという問題があった。特に、高重力異常の位置をどのように認定するかが難しかった。そこで、今回は、より客観的かつ定量的に重力異常の高まりの位置を認定することを試みた。その結果、多くの島弧では前回の認定と変わらなかったものの、伸張場にあるいくつかの島弧では高重力異常がブロードに分布し、その位置を特定の場所に定義することが難しいことが分かった。新たに認定した高重力異常の位置に基づき、それと火山列との位置関係を議論し、島弧地形の成因について考察する。

キーワード: 島弧, 沈み込み帯, 重力異常, 火山フロント
Keywords: island arc, subduction zone, gravity anomaly, volcanic front

養老 - 鈴鹿 - 布引山地の隆起・削剥史：アパタイト FT 解析に基づく制約 Uplift and denudation history of the Yoro-Suzuka-Nunobiki Mountains: Constraints from apatite FT thermochronology

末岡 茂^{1*}; 堤 浩之²; 田上 高広²; 長谷部 徳子³; 田村 明弘³; 荒井 章司³; 柴田 健二¹
SUEOKA, Shigeru^{1*}; TSUTSUMI, Hiroyuki²; TAGAMI, Takahiro²; HASEBE, Noriko³; TAMURA, Akihiro³; ARAI, Shoji³
; SHIBATA, Kenji¹

¹ 原子力機構, ² 京都大学, ³ 金沢大学

¹Japan Atomic Energy Agency, ²Kyoto University, ³Kanazawa University

養老 - 鈴鹿 - 布引山地は、近畿の逆断層卓越地域（近畿三角帯；Huzita, 1962）と中部の横ずれ断層卓越地域（中部傾動地塊；桑原, 1968）との構造境界上に位置しており、西南日本内帯の第四紀テクトニクス解明の鍵となる地域である。本地域の地下には浅い尾根状のフィリピン海スラブ（伊勢湾 - 湖北スラブ）が沈み込んでおり、これが東進するアムールプレートとの間に一種の衝突帯を形成することにより、構造境界が形成されているという説が提唱されている（三好・石橋, 2008）。養老 - 鈴鹿 - 布引山地の東西では、中新世以降に東海層群と古琵琶湖層群の堆積盆が形成され、それぞれの堆積本の中心が北上してきたことが知られている（例えば、横山, 1995；吉田, 1990）。一方、養老 - 鈴鹿 - 布引山地については、断層活動により大局的には堆積盆地の沈降と対になって隆起したという説（岡田, 2004）と、堆積盆地の形成以降に独立に隆起したという説（太田・竹村, 2004）があるように、形成の過程やメカニズムには未解明の点が多い。

本研究では、アパタイト FT 解析により、養老 - 鈴鹿 - 布引山地の主に南北方向における隆起・削剥史の違いの検出・解明を試みている。2014 年 1 月現在、養老山地 1 地点、鈴鹿山脈 8 地点、布引山地 1 地点の解析がほぼ完了しており、その要点は以下の通りである：1) アパタイト FT 年代は 47~30Ma の値を示す、2) アパタイト FT 年代は鈴鹿山脈中部~南部でもっとも若く、南北双方向に系統的に古くなる、3) アパタイト FT 年代と FT 長に基づいた熱履歴解析の結果、鈴鹿山脈中部~南部では最近数 Ma の急冷が検出されるが、鈴鹿山脈北部、養老山地、布引山地では検出されない、4) 本研究で検出された鈴鹿山脈中部~南部の急冷は、鈴鹿山脈の隆起開始（約 1.3Ma；横山, 1995）以降の削剥を反映していると解釈できる。上記の成果をさらに南方でも検討するために、現在、布引山地 7 地点において追加のアパタイト FT 解析を実施中であり、講演当日にはこれらの結果も踏まえた議論を行う予定である。

キーワード: 養老 - 鈴鹿 - 布引山地, アパタイト FT 法, 削剥, 近畿三角帯東縁

Keywords: Yoro-Suzuka-Nunobiki Mountains, apatite fission-track thermochronology, denudation, eastern margin of the Kinki Triangle

褶曲の波長と振幅の自己アフィン性 Self-affinities for Amplitude and Wavelength of Folds

菊地 和平^{1*}; 長濱 裕幸¹
KIKUCHI, Kazuhei^{1*}; NAGAHAMA, Hiroyuki¹

¹ 東北大学大学院理学研究科地学専攻

¹Department of Earth Science, Graduate School of Science, Tohoku University

地形は、異なる倍率で見た場合においても、その形状が同じように見えるスケール不変性を持っている。そのような地形に対して Matsushita and Ouchi (1989a, b) は、自己アフィン解析を行った。その結果、地形が方向によって異なったスケーリング指数により定義される自己アフィン性を持つことを報告した (Matsushita and Ouchi 1989a, b)。Kikuchi et al. (2013) は、その自己アフィン性が普遍的に地形・褶曲において存在するかの検証を行うために、Matsushita and Ouchi (1989a, b) の解析の方法を、東北本州弧の地形・褶曲に適用した。この分析により褶曲が、振幅と波長において異なったスケーリング指数により定義される自己アフィン性を持つことを報告している (Kikuchi et al., 2013)。

褶曲に対して Shimamoto (1979) は、次元解析のバッキンガムの Pi 定理を適用し、波長と層の厚さの関係を導いている。しかし、Shimamoto (1979) では、Kikuchi et al. (2013) で報告されている褶曲の振幅と波長に対する自己アフィン性が指摘されていない。そこで、褶曲の次元解析において自己アフィン性を導くために、Barenblatt (1979) の Incomplete self-similarity 理論を援用した。この理論を使うことにより従来の褶曲の次元解析で考慮されてこなかったゼロまたは無限大になり考慮されてこなかった量を考慮することができる。その量を考慮した結果、褶曲における波長 (a) と振幅 (L) の関係を次のように導出した：

$$L^{(1-d)} \propto a.$$

Kikuchi et al. (2013) で得られたハースト指数 H と d との関係は、次式で表現される。

$$1-d=H.$$

ここでハースト指数 H は、振幅と波長に関するスケール指数の比で、 d は Incomplete self-similarity 理論から得られたべき指数である。この d が 0 でない ($H \neq 1$ となる) 場合は、スケールされる方向によってスケーリングの違いがある自己アフィン性であることを意味する。この場合は、方向により褶曲の形成のされ方が違ったものと考えられる。もしこの指数 d が 0 である場合、ハースト指数は、 $H = 1$ でスケールされる方向に違いがない自己相似性であることを意味する。この場合は、方向により褶曲の形成のされ方の違いはなかったと考えられる。褶曲はテクトニックな応力場と重力により形成され、その形成過程が等方的か異方的かの違いにより自己相似性、自己アフィン性が表れると考えられる。

参考文献

- Barenblatt, G.I. (1979) *Consultants Bureau*, New York.
Kikuchi, K., K. Abiko, H. Nagahama, H. Kitazato, and J. Muto (2013) *Acta Geophysica*, **61**, 6, pp. 1642-1658.
Matsushita, M. and S. Ouchi (1989a) *Physica D*, **38**, 1, pp. 246-251.
Matsushita, M. and S. Ouchi (1989b) *Journal of the Physical Society of Japan*, **58**, 5, pp. 1489-1492.
Shimamoto, T. (1974) *Tectonophysics*, **22**, pp. 253-263.

キーワード: 褶曲, 自己アフィン, バッキンガムの Pi 定理, Incomplete self-similarity
Keywords: Fold, Self-affinity, Buckingham's Pi-theorem, Incomplete self-similarity theory

なぜ箱根山は異形で、房総沖三重会合点で海溝軸が最も西寄りなのか～フィリピン海プレートは(やはり)関東平野の奥深くに～ Reason for strange appearance of Mt. Hakone, and Reason why the Boso Triple Junction has moved to the west most

間瀬 博文^{1*}
MASE, Hirofumi^{1*}

¹ 所属なし
¹ none

(図面を参照のこと)

プレート(以下 P) 収束帯の温度構造が陸地を形成するがその先頭は火山である(2)。上昇するマグマの上で垂れるスラブ(以下 S)は存在できない。マグマは S を地表まで支え上げ突き破る。その際上側の P は共存できず切開され脇へ押し遣られる。富士山はフィリピン海(以下 PHS)P の北端を貫き、陸側 P の切開の先端点で、駿河・相模トラフの起点をなす。(以上(1))一方箱根山・三原山は相模トラフの位置決めをしていると考える。

”東海 S”は富士山の北側まで、に対し”相模 S”は関東の奥深くまで沈み込んでいるように見える(3)。一枚の板として不自然である。GPS が捉えた地殻変動は伊豆半島が西進、に対し伊豆諸島や関東南部は北進成分が大きい(4)。東経 135～140 度では、特に 140 度の断面は太平洋側を北上させる(南北圧縮)力が発生する温度構造の条件を満たすことが分かった。つまり PHSP は”相模 S”側だけが過去に大きく沈み込んで現在の状況になったと考える。

では境界となる亀裂(横ずれ断層)はどこか。箱根山の北側に S の沈み込みを象徴する地震の多発帯がある(5)。その分布状況は、西側の縁をなぞれば緩やかなラインで箱根山・三原山を結ぶことができる(図面赤破線)。多発帯を東西に二分する南北方向の空白ラインは箱根山を通る(図面青破線)。赤破線で滑っていた時期もあったが三原山以南で断層が得られず青破線に移行したと考える。箱根山・伊豆半島東方沖・伊豆諸島の並びはマグマを足掛かりとして亀裂が南方まで伸び易い。”相模 S”の西端は青破線までと考える。

箱根山は伊豆諸島以東の PHSP の西端で沈み込みの起点の意味を持つ。山体の地下数 KM では、長年東半分が P が活発に北進、そして沈み込む。つまり南方から物質が押し寄せ、北方へ物質が吸出される作用が働く。箱根山の外輪山やその内外の地形について西半分は平凡な反面、東半分は個性的である。南部はふっくらと盛り上がり X 字状の溝は圧縮力による断層と思われ、北部は引き摺り出された跡の様な巨大な溝が北方へ延びる(10)。

一方、房総沖三重会合点で海溝軸が最も西寄りなのはなぜか。西進する太平洋 P はその上に載る陸側 P と PHSP を東西方向に圧縮するが南北は伸張作用となる。陸側 P と PHSP の重なり部は、ずれて重なりが浅くなり、太平洋 P に対する上盤は南北に伸びる。その分東西圧縮による海溝軸の西進は容易になる。陸側 P と PHSP そして太平洋 P は東西に窮屈となり褶曲やつぶれが発生する。それでさらに海溝軸が西進し易くなる。普段のストレスは褶曲やつぶれに吸収され巨大地震が発生しても海溝軸は東へ戻りにくい。これが「海溝軸西寄り」の原因である。安定した宮城沖の海溝軸に対し、福島・茨城沖のそれが西へなびいている(6)根本の理由がこれで示された。

参考文献

(1) 間瀬博文(2009)/プレート内の自壊から始まる南海地震が関係する地域のシステム～沈降できないプレートと単独活動できない東海地震～/地震学会 2009 年/P3-64

(2) 間瀬博文(2012)/島弧と海盆を形成し維持する力～なぜ西日本は海盆でないのか～/地球惑星科学連合 2012 年/SCG67-P06

(3) 遠田晋次(2005)/関東直下の新しいプレート構造の提案/図 1/従来のモデル(Noguchi1999)/産総研活断層研究センター/研究成果 2005 年 06 月 10 日

(4) 国土地理院/地殻変動アニメーション 1996 年 4 月～1999 年 12 月鳥瞰図

(5) 気象庁/地震・火山月報(防災編)/平成 13 年 12 月/東海・南関東地域の地震活動/図 5

(6) 間瀬博文(2013)/東北地方太平洋沖地震が茨城県沖の海溝海側斜面でやったこと～海溝軸、瞬間転移か～/地震学会 2013 年/P2-45

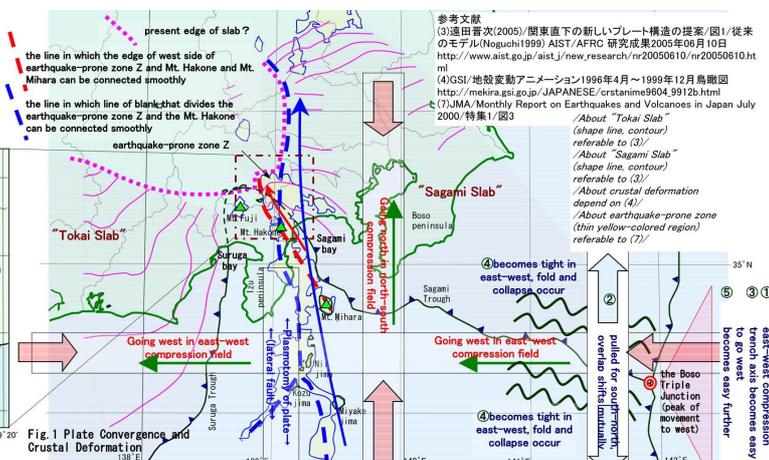
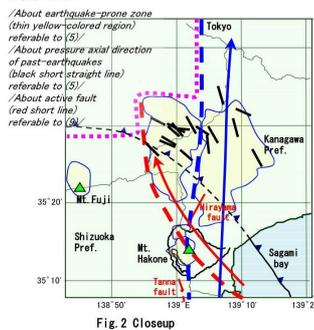
(10) ウィキペディア(Wikipedia) 箱根山/箱根山の地形図

SCG66-P04

会場:3 階ポスター会場

時間:4 月 30 日 18:15-19:30

参考文献
 (5)JMA/ Monthly Report on Earthquakes and Volcanoes in Japan December 2001/
 東海・南関東地域の地震活動/図5
<http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/gaiko/index.html#monthly>
 (3)Hot Springs Research Institute of Kanagawa Pref./
 箱根火山の詳細な震源分布に関する研究 図4
<http://www.onken.odawara.kanagawa.jp/modules/mysection1/Item.php?itemid=9>



参考文献
 (3)遠田晋次(2005)/関東直下の新しいプレート構造の提案/図1/従来のモデル(Noguchi1999) AIST/AFRC 研究成果2005年06月10日
http://www.aist.go.jp/aist/j/new_research/nr20050610/nr20050610.html
 (4)GSI/地震変動アニメーション1996年4月~1999年12月鳥瞰図
http://mekira.gsi.go.jp/JAPANESE/crstanime9604_9912b.html
 (7)JMA/ Monthly Report on Earthquakes and Volcanoes in Japan July 2000/ 特集1/図3

① About "Tokai Slab" (shape line, contour) referable to (3).
 ② About "Sagami Slab" (shape line, contour) referable to (3).
 ③ About crustal deformation depend on (4).
 ④ About earthquake-prone zone (thin yellow-colored region) referable to (7).
 ⑤ becomes tight in east-west, fold and collapse occur
 ⑥ becomes easy/further to go west
 ⑦ The Boso Triple Junction (peak of movement to west)
 east-west compression trench axis becomes easy